E/CONF.39/A/64
3 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.4.3.1

France

L'UTILISATION DES GROUPES BULBES DANS LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES CLASSIQUES ET DANS LA CENTRALE MAREMOTRICE DE LA RANCE

Par F. AUROY,
Directeur de la Région d'Equipement
Hydraulique Massif Central

et G. MAUBOUSSIN,
Directeur de la Région d'Equipement
Marémotrice à l'Electricité de France

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

L'UTILISATION DES GROUPES BULBES DANS LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES CLASSIQUES ET DANS LA CENTRALE MAREMOTRICE DE LA RANCE

par F. AUROY, directeur de la Région d'équipement hydraulique Massif central

et G. MAUBOUSSIN, directeur de la Région d'équipement marémotrice

à l'ELECTRICITE DE FRANCE

1. La technique récente des "groupes bulbes" a contribué, d'une manière intéressante, à résoudre le problème de la mise en valeur des basses chutes avec des groupes dont les puissances s'échelonnent de quelques dizaines de kW à plus de 10 000 kW.

2. Cette technique doit donc naturellement trouver un champ d'application étendu dans l'approvisionnement en énergie des pays en voie de développement.

3. Dans un groupe bulbe, la roue de turbine et l'alternateur sont calés sur le même arbre, et l'alternateur se trouve à l'intérieur d'une carcasse métallique étanche avec laquelle il fait corps. Cette carcasse a la forme d'un bulbe et se trouve entièrement immergée dans la veine liquide qui alimente la turbine.

I - MICROCENTRALES

4. En France, il existe sur les cours d'eau de plaines d'importance secondaire un très grand nombre de petites chutes. Les microcentrales sont, par définition, les petites installations adaptées aux conditions techniques et économiques de ces très basses chutes. Elles couvrent une gamme de chutes comprises entre 1,50 m et 5 m et une gamme de puissances comprises entre 50 et quelques centaines de kW.

5. Pour que ces équipements soient économiquement viables, ils doivent répondre à un certain nombre d'impératifs :

- Réduction, au strict minimum, des travaux de génie civil : il faut pouvoir profiter de barrages existants, et n'avoir pour ainsi dire pas de travaux de fondations à exécuter ;
- Réduction du prix des machines : par une conception simple et par la construction en série d'un minimum de types normalisés ;
- Allègement des frais d'exploitation : installation entièrement automatique et non gardiennée ;
- Allègement des charges d'entretien : matériel simple et robuste n'exigeant qu'un entretien courant facile; le gros entretien se faisant en atelier, après échange standard ;
- Allègement des frais de montage et de manutention : matériel léger convenablement fractionné, permettant un transport facile.

6. Le groupe bulbe permet de répondre à ces différentes conditions ; il est monobloc et comprend en général :

- Une turbine hélice à pales fixes mais orientables à l'arrêt ;
- Un distributeur fixe dont les aubes permettent de maintenir le bulbe à l'intérieur de l'enveloppe extérieure ;
- Une génératrice asynchrone tournant dans l'huile.

7. De nombreuses microcentrales ont été réalisées avec des groupes dits "en pertuis" et "en conduite".

8. Nous préférons à ce type de groupe, le "groupe en siphon" : le monobloc étant placé au voisinage du coude du siphon, se trouve toujours

hors d'eau, et il suffit, pour arrêter le groupe, de faire pénétrer l'air dans le haut du siphon à travers une soupape (fig I).

Microcentrales synchrones

9. Dans le cadre de la recherche d'une solution valable pour réseau autonome de faible puissance, c'est-à-dire utilisable par les pays en voie de développement, l'Electricité de France a étudié et mis au point à Echarcon, sur l'Essonne, un prototype de groupe synchrone avec alternateur à aimants permanents.

10. La puissance utile varie de 50 kW sous 1,50 m de chute à 125 kW sous 3 m de chute ; le débit absorbé est de 5 m3/s sous 2 m de chute.

11. Les problèmes d'exploitation ont été simplifiés au maximum en assouplissant les solutions adoptées pour les types antérieurs.

12. La conception de l'appareillage a été radicalement transformée : on s'est attaché à y supprimer tous les organes mobiles autres que les contacteurs.

13. Pour atteindre cet objectif, on a fait usage des semi-conducteurs, ce qui a permis un assouplissement extraordinaire de l'automatisme et une réduction du poids et de l'encombrement de l'appareillage.

14. Pour utilisation sur réseau autonome de faible puissance, la régulation est assurée par une installation d'absorption, entièrement statique, qui règle automatiquement sa puissance de façon que, additionnée à chaque instant à celle appelée par le réseau, la somme des deux termes soit égale à la puissance fournie par la ou les machines en marche. La fréquence du réseau est maintenue constante ou asservie à telle loi de statisme que l'on désire.

II - GROUPES NORMALISES A 800 kW POUR LES CHUTES DE 10 A 18 m

15. L'idée directrice est de réaliser des ouvrages de génie civil identiques dans leur principe, et d'installer des groupes électrogènes identiques, de façon à tirer le meilleur parti d'une réalisation en série.

a)- Dans le domaine du génie civil, on a recherché un type de barrage léger, facilement adaptable aux conditions de chaque site et facilement réalisable. Le barrage à contreforts est constitué par une partie centrale déversante comportant une dalle supérieure en béton armé se prolongeant à l'amont par un voile en béton armé incliné (fig.II). Ce voile et cette dalle reposent sur des contreforts distants de 6 m. On détermine ainsi un certain nombre de cellules où l'on installe des groupes en nombre convenable, à raison d'un groupe par cellule.

b)- Dans le domaine du matériel électromécanique, on a recherché également la simplification par l'adoption d'un type unique de groupe, le groupe bulbe axial. Chaque cellule comporte une conduite forcée de 1,70 m de diamètre, une vanne papillon et le groupe bulbe amont comprenant :

- Une turbine hélice à distributeur fixe et roue de 1,12 m de diamètre à 5 pales fixes, orientables à l'arrêt absorbant 7,5 m3/s sous 13 m.
- Une génératrice asynchrone de 800 kW sous 1 500 V

16. Le Poids total d'un groupe est inférieur à 12 t.

17. La marche de ces groupes est, comme pour le groupe asynchrone des microcentrales, une marche par tout ou rien.

18. La mise en route ou l'arrêt d'un groupe se fait uniquement par

simple ouverture ou fermeture de la vanne papillon.

19. Il est possible que cette conception trouve une certaine généralisation pour des rivières dont le débit moyen est compris entre 5 et 30 m3/s et susceptibles d'un découpage en tronçons de 10 à 18 m de hauteur de chute.

III- GROUPES BULBES INDUSTRIELS-CENTRALE MAREMOTRICE DE LA RANCE

20. La puissance des groupes bulbes industriels est trop importante pour s'accommoder d'un fonctionnement par tout ou rien, d'où la nécessité d'une conception plus affinée que celle des groupes des deux premières catégories dont nous venons de parler.

21. La roue à pales fixes doit céder la place à une roue dont les pales sont orientables en marche. Le distributeur n'est plus fixe et l'orientation de ses aubes est en général conjuguée avec celle des pales de la turbine. Il est précédé en général d'un distributeur fixe utilisé pour la fixation du bulbe à l'intérieur de l'enveloppe.

22. L'alternateur est une machine synchrone dont l'excitation peut être obtenue par les moyens classiques (excitatrice ou redresseur).

23. Enfin, les groupes bulbes industriels se caractérisent par le fait que l'intérieur du bulbe est en général accessible.

24. Le problème des groupes bulbes de grande puissance s'est posé à l'Electricité de France à l'occasion du projet de l'usine marémotrice de la Rance qui nécessita l'étude et la mise au point de groupes pouvant fonctionner en turbine et en pompe dans les deux sens du flux.

25. Après essais sur modèles réduits les prototypes suivants ont été réalisés :

- Un groupe bulbe aval de 14 MW à Argentat sur la Dordogne, (1958)
- Deux groupes bulbe aval de 5 MW, à Cambeyrac, sur la Truyère (1957)
- Un groupe bulbe amont de 8,5 MW, à Beaumont-Monteux, sur l'Isère (1959)
- Un groupe bulbe amont de 9 MW, à Saint-Malo (1959), fig III

26. Les progrès techniques réalisés au cours de ces expérimentations ont permis de mettre au point le type de groupe définitivement retenu en 1960 pour l'Usine marémotrice de la Rance.

IV - AVANTAGES DES GROUPES BULBES

a)- Turbines

27. Le conduit rectiligne a une influence favorable sur l'alimentation de la roue, ainsi que sur le rendement de l'aspirateur.

28. Avec des conditions équivalentes de protection contre la cavitation, les groupes bulbes à axe horizontal permettent un gain très important sur la profondeur des fouilles.

29. La hauteur du bâtiment-usine est moins grande du fait du plus faible encombrement en hauteur du groupe bulbe. On gagne également sur la longueur du bâtiment-usine, car l'entr'axe des groupes bulbes est bien inférieur à celui des groupes classiques.

30. La figure IV montre la comparaison entre les conceptions verticale et horizontale des groupes de la Rance :

- l'entr'axe se trouve réduit de 20 à 13,3 m
- le groupe bulbe est situé 3 m plus bas, ce qui diminue le risque de cavitation

31. Dans le 1er cas, les manutentions de groupes nécessitaient le déplacement sur la digue d'un portique de grandes dimensions. Dans le 2ème cas, la digue creuse est suffisante pour contenir les 24 groupes de 10 MW, leurs accessoires, les 3 transformateurs de 80 MW, l'appareillage, les auxiliaires, les plages de montage, etc ...

b)- Alternateurs

32. Accouplé directement à la turbine, l'alternateur est caractérisé par :

- un diamètre extérieur beaucoup plus réduit ;
- une puissance polaire, un pas polaire et un entrefer réduits ;
- une valeur optimale de la tension ;
- une ventilation longitudinale ;
- l'évacuation directe des pertes par les parois du bulbe ;
- l'intérêt du fonctionnement dans l'air comprimé.

V - CONCLUSION

33. En résumé, nous avons tout d'abord vu comment la conception du groupe bulbe permet aujourd'hui de tirer économiquement parti de cette importante source d'énergie que constituent les microcentrales.

34. Par ailleurs, par sa standardisation, normalement possible au niveau de 800 kW et 7,5 m^3/s, le groupe bulbe constitue la solution la plus intéressante pour l'équipement d'un nombre important de sections de rivières seuls

35. Enfin, dans le domaine des groupes bulbes industriels cinq prototypes existent en France.

36. Mais ces expérimentations ont été particulièrement fructueuses ; les études, poursuivies dans relâche depuis 10 ans, ont permis d'améliorer la technique, de telle sorte qu'avec la dernière expérimentation, celle du groupe de Saint-Malo, on peut dire que tous les problèmes ont reçu une solution satisfaisante. C'est d'ailleurs en grande partie, grâce à la réussite de cette dernière expérimentation, qu'a pu être décidée la réalisation de l'Usine marémotrice de la Rance, avec ses 24 groupes bulbes de 10 MW, actuellement en construction (fig V).

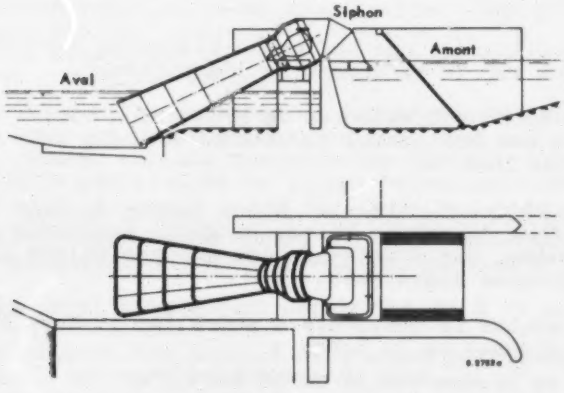

Fig. I - Groupe en siphon

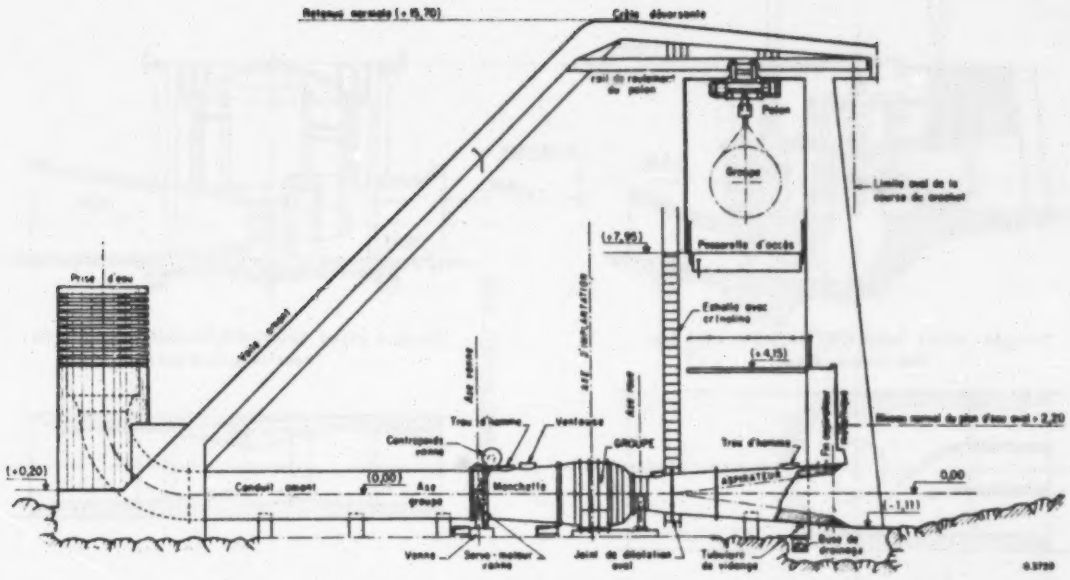

Fig. II - Coupe transversale d'un barrage type "Basse-Maulde"

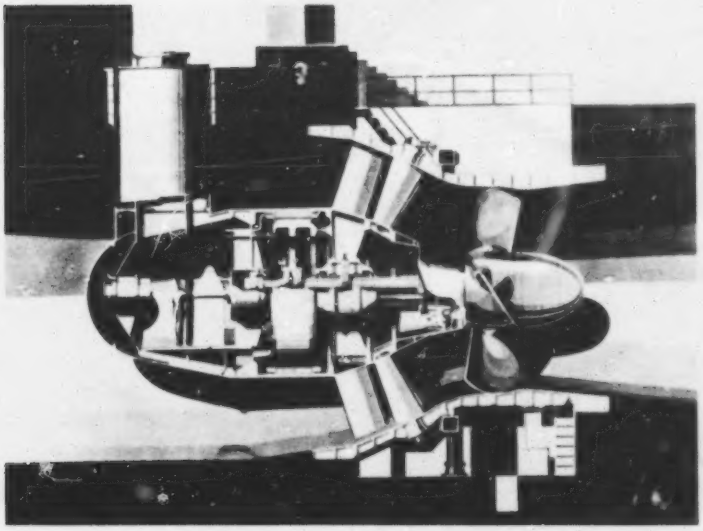

Fig. III - Le groupe bulbe

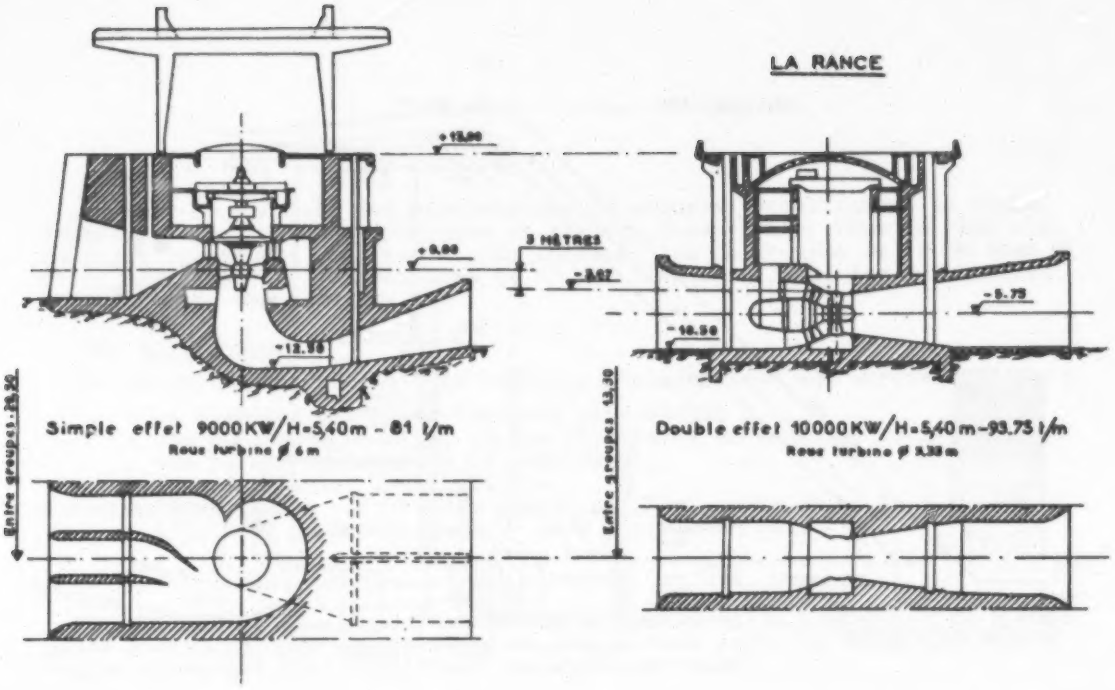

Fig. IV - Comparaison entre les conceptions verticale et horizontale des groupes de la Rance

Fig. V - Centrale Marémotrice de la Rance.
R. D. Pertuis de vannage.

416 F - Oct. 1962 - 1,000